

2355.11109

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
YUKIO SAKAGAWA, ET AL.) Examiner: Unassigned
Application No.: Unassigned) Group Art Unit: Unassigned
Filed: Concurrently Herewith)
For: IMAGE PROCESSING METHOD)
AND APPARATUS) February 25, 2000

16678 U.S. PTO
09/512836
02/25/00

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the
International Convention and all rights to which they are
entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following
Japanese Priority Applications:

Japan	11-246770	August 31, 1999
Japan	11-223959	August 6, 1999
Japan	11-223958	August 6, 1999.

The certified copies of the priority documents are
enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,


Attorney for Applicants

Registration No. 36,570

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

BLK\cmv

(translation of the front page of the priority document of
Japanese Patent Application No. 11-223959)

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



This is to certify that the annexed is a true copy of the
following application as filed with this Office.

Date of Application: August 6, 1999

Application Number : Patent Application 11-223959

Applicant(s) : Mixed Reality Systems Laboratory Inc.

January 7, 2000

Commissioner,
Patent Office

Takahiko KONDO

Certification Number 11-3092150

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
in this Office.

願 年 月 日
Date of Application:

1999年 8月 6日

願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第223959号

願 人
Applicant(s):

株式会社エム・アール・システム研究所

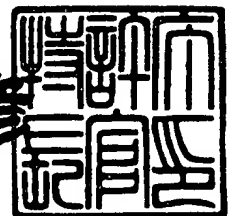


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 1月 7日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特平11-3092150

【書類名】 特許願

【整理番号】 MR11110

【提出日】 平成11年 8月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 5/445

【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置および記憶媒体

【請求項の数】 26

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市西区花咲町 6 丁目 1 4 5 番地 横浜花咲ビル 株
式会社エム・アール・システム研究所内

【氏名】 坂川 幸雄

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市西区花咲町 6 丁目 1 4 5 番地 横浜花咲ビル 株
式会社エム・アール・システム研究所内

【氏名】 片山 昭宏

【発明者】

【住所又は居所】 横浜市西区花咲町 6 丁目 1 4 5 番地 横浜花咲ビル 株
式会社エム・アール・システム研究所内

【氏名】 小竹 大輔

【特許出願人】

【識別番号】 397024225

【氏名又は名称】 株式会社エム・アール・システム研究所

【代理人】

【識別番号】 100076428

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康德

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100093908

【弁理士】

【氏名又は名称】 松本 研一

【電話番号】 03-5276-3241

【選任した代理人】

【識別番号】 100101306

【弁理士】

【氏名又は名称】 丸山 幸雄

【電話番号】 03-5276-3241

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712688

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法、画像処理装置および記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 仮想空間で仮想物体自身の影の画像を生成する画像処理方法であって、

所定の照明位置にある光源から前記仮想物体に対応する現実物体を照明しながら、この現実物体をカメラにより撮像し、

この現実物体の画像から前記現実物体の輪郭を抽出し、

輪郭内の画素に対して、影として好適な画像情報を付与し、

この輪郭画像を、前記光源の位置情報と共に検索取り出し可能に記憶することを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2】 前記好適な画像情報は、所定の黒色の画素値と所定の透明度値であることを特徴とする請求項 1 に記載の画像処理方法。

【請求項 3】 前記輪郭画像に対してぼかし処理を加えることを特徴とする請求項 1 乃至 2 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 4】 ぼかしの程度を、仮想物体から仮想光源の距離に応じて強弱をつけることを特徴とする請求項 3 に記載の画像処理方法。

【請求項 5】 前記カメラの視点位置と前記照明光源の位置とは一致させられていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 6】 仮想空間で仮想物体自身の影の画像を生成する画像処理方法であって、

所定のメモリに、前記仮想物体の空間データと、前記仮想物体に対応する現実物体の影画像と、この影画像を形成したときの照明光源の位置とを記憶し、

仮想照明の位置と前記仮想物体の相対的位置に従って、前記影画像をメモリから取り出し、

取り出した影画像を所定の貼付面に貼り付けることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 7】 前記貼付面を前記仮想物体の境界箱に基づいて決定することを特徴とする請求項 6 に記載の画像処理方法。

【請求項 8】 前記仮想照明光源の照明条件を、任意の値に変化させて設定する工程を具備し、前記補正工程は変化された照明条件に応じて補正することを特徴とする請求項 6 乃至 7 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 9】 複数の仮想照明光源が同時にオンする場合に、1つの画素位置について、各々の仮想照明光源に従って補正した複数の補正結果を加算して、最終画素値を得ることを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 10】 複数の仮想照明光源の内の一部が同時にオンする場合には、1つの画素位置について、オンしている仮想照明光源の各々に従って補正した補正結果を加算して、最終画素値を得ることを特徴とする請求項 6 乃至 9 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 11】 前記照明の位置が上方にあるときには、単純な形状の貼付面を生成することを特徴とする請求項 6 乃至 10 のいずれかに記載の画像処理方法。

【請求項 12】 仮想空間で仮想物体自身の影の画像を生成する画像処理装置であって、

所定の照明位置にある光源から前記仮想物体に対応する現実物体を照明しながら、この現実物体をカメラにより撮像する手段と、

この現実物体の画像から前記現実物体の輪郭を抽出する手段と、

輪郭内の画素に対して、影として好適な画像情報を付与する手段と、

この輪郭画像を、前記光源の位置情報と共に検索取り出し可能に記憶する手段とを具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 13】 前記好適な画像情報は、所定の黒色の画素値と所定の透明度値であることを特徴とする請求項 12 に記載の画像処理装置。

【請求項 14】 前記カメラの視点位置と前記光源の位置とが異なる場合には、前記輪郭画像を前記光源の位置を視点位置として再投影することにより、前記輪郭画像を補正することを特徴とする請求項 12 または 13 に記載の画像処理装置。

【請求項 15】 前記輪郭画像に対してぼかし処理を加える手段を更に具備することを特徴とする請求項 12 乃至 14 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 1 6】 ぼかしの程度を、仮想物体から仮想光源の距離に応じて強弱をつけることを特徴とする請求項 1 5 に記載の画像処理装置。

【請求項 1 7】 前記カメラの視点位置と前記照明光源の位置とは一致させられていることを特徴とする請求項 1 2 乃至 1 6 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 1 8】 仮想空間で仮想物体自身の影の画像を生成する画像処理装置であって、

所定のメモリに、前記仮想物体の空間データと、前記仮想物体に対応する現実物体の影画像と、この影画像を形成したときの照明光源の位置とを記憶する手段と、

仮想照明の位置と前記仮想物体の相対的位置に従って、前記影画像をメモリから取り出す手段と、

取り出した影画像を所定の貼付面の貼り付ける手段とを具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 9】 前記貼付面を前記仮想物体の境界箱に基づいて決定することを特徴とする請求項 1 8 に記載の画像処理装置。

【請求項 2 0】 前記仮想照明光源の照明条件を、任意の値に変化させて設定する工程を具備し、前記補正工程は変化された照明条件に応じて補正することを特徴とする請求項 1 8 乃至 1 9 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 2 1】 複数の仮想照明光源が同時にオンする場合に、1 つの画素位置について、各々の仮想照明光源に従って補正した複数の補正結果を加算して、最終画素値を得ることを特徴とする請求項 1 8 乃至 2 0 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 2 2】 複数の仮想照明光源の内の一部が同時にオンする場合には、1 つの画素位置について、オンしている仮想照明光源の各々に従って補正した補正結果を加算して、最終画素値を得ることを特徴とする請求項 1 8 乃至 2 1 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 2 3】 前記照明の位置が上方にあるときには、単純な形状の貼付面を生成することを特徴とする請求項 1 8 乃至 2 2 のいずれかに記載の画像処理装置。

【請求項 2 4】 仮想空間で仮想物体自身の影の画像を生成する画像処理方法であって、

前記仮想物体を表現する空間データに基づいて、所定の照明位置からみた前記仮想物体の輪郭を抽出し、

輪郭内の画素に対して、影として好適な画像情報を付与し、

この輪郭画像を所定の貼付面に貼り付けることを特徴とする画像処理方法。

【請求項 2 5】 仮想空間で仮想物体自身の影の画像を生成する画像処理装置であって、

前記仮想物体を表現する空間データに基づいて、所定の照明位置からみた前記仮想物体の輪郭を抽出する手段と、

輪郭内の画素に対して、影として好適な画像情報を付与する手段と、

この輪郭画像を所定の貼付面に貼り付ける手段とを具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2 6】 請求項 1 乃至 1 1 のいずれかまたは 2 4 に記載の方法を実行するコンピュータプログラムを記憶する記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、実写画像データを基にして仮想空間を表現する際に、仮想光源に起因する仮想物体による影の生成を行う画像処理装置及び方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

仮想空間を、3次元幾何形状を基に記述するのではなく、実写画像を基に記述表現する手法が数多く提案されている。これらはImage Based Rendering（以下、IBRと略す）と呼ばれており、実写画像を基にするが故に、3次元幾何形状を基にする手法からは得られない写実性の高い仮想空間を表現できる点に特徴がある。

【0 0 0 3】

IBRの一手法である光線空間理論に基づいた仮想空間の記述に関する試みが提

案されている。例えば、電子情報通信学会論文誌「CGモデルと光線空間データとの融合による仮想環境の実現」(D-11, Vol. J80-D-11 No. 11, pp3048-3057, 1997年11月)、または、「3次元統合画像通信を目指したホログラムと光線空間の相互変換」(3D Image Conference)などを参照。

【0004】

光線空間理論について説明する。

【0005】

第1図に示すように実空間に座標系O-X-Y-Zを設置する。Z軸に垂直な基準面P ($Z=z$) を通過する光線を、光線がPを横切る位置(x, y)と、光線の方角を示す変数 θ, ϕ で表すことにする。すなわち、1本の光線は(x, y, z, θ, ϕ)の5つの変数により一意に定められる。この光線の光強度を表す関数を f と定義すると、この空間中の光線群データは $f(x, y, z, \theta, \phi)$ で表現することが出来る。この5次元の空間を「光線空間」と呼ぶ。

【0006】

ここで、基準面Pを $z=0$ に設定し、光線の垂直方向の視差情報、すなわち ϕ 方向の自由度を省略すると、光線の自由度を(x, θ)の2次元に縮退させることができる。この $x-\theta$ 2次元空間は、光線空間の部分空間となる。そして、実空間中の点(X, Z)を通る光線(第2図)は、 $u = \tan \theta$ とおくと、 $x-u$ 空間上では、第3図に示すように、

【0007】

[数1]

$$X = x + uZ$$

【0008】

という直線上に写像される。

カメラによる撮影とは、カメラのレンズ焦点を通過する光線を撮像面で受光し、その明るさや色を画像化する操作に相当する。言い換えると、焦点位置という実空間中の1点を通る光線群を画像として画素数分獲得していることになる。ここでは、 ϕ 方向の自由度を省略し、 $X-Z$ 平面内のみでの光線の振舞いを考えているので、画像中のY軸との直交面と交わる線分上の画素のみを考えることにな

る。このように、画像の撮影によって1点を通る光線を集めることができ、1回の撮影で $x-u$ 空間の1本の線分上のデータを獲得することができる。

【0009】

この撮影を視点位置を変え多数行くと、多数の点を通る光線群を獲得することができる。第4図のようにN台のカメラを用いて実空間を撮影すると、 n 番目（ $n=1, 2, \dots, N$ ）のカメラ C_n の焦点位置（ X_n, Z_n ）に対応して、第5図のごとく、

【0010】

[数2]

$$x + Z_n u = X_n$$

の直線上のデータを入力することができる。このように、十分に多数の視点からの撮影を行うことによって、 $x-u$ 空間を密にデータで埋めていくことができる。

【0011】

逆に、 $x-u$ 空間のデータ（第6図）から、新しい任意の視点位置からの観察画像を生成することができる（第7図）。この図に示すように、目の形で表した新しい視点位置 $E(X, Z)$ からの観察画像は、 $x-u$ 空間上の数式1の直線上のデータを $x-u$ 空間から読み出すことによって生成できる。

【0012】

【発明が解決しようとする問題点】

実写画像データを用いた画像処理の不得意な分野に、仮想照明による陰影の付与と影の生成とがある。陰影や影は、物体の起伏に応じて変化するものの、実写画像データは、幾何学形状に関する情報を有しないために、陰影や影の再生が困難だからである。即ち、幾何学形状情報を含む空間データを基にして仮想物体を描画し、その物体に付与されるべき陰影を描画し、或いはこの物体による影を描画することは、幾何学形状情報による画像処理分野（例えばコンピュータグラフィックス（以下、CGと略す）では周知ではあっても、光線空間などの実写画像を用いる画像処理分野では未知の分野である。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記従来技術の問題点を解決するために提案されたもので、その目的は、実写画像を元にした空間データで記述される仮想物体のための影を生成することのできる画像処理方法並びに画像処理装置を提案する。

【0014】

本発明の他の目的は、実写画像を元にした空間データからの仮想物体の画像に、影の画像を貼り付けることのできる画像処理方法並びに画像処理装置を提案する。

【0015】

本発明の更に他の目的は、空間データから直接に影画像を生成し、その影画像を仮想空間内に貼り付けるという、リアルタイム処理に適した画像処理方法および画像処理装置を提案する。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら、本発明を適用した画像処理装置及び画像処理方法を詳細に説明する。この画像処理装置及び画像処理方法は、光線空間データから、仮想照明により仮想物体に付与すべき陰影を描画し、その仮想照明による影を描画する機能を有する。

【0017】

第8図は、実施形態の画像処理システムの構成を示す。第8図に示したハード構成は通常のワークステーションの構成である。即ち、ハード構成自身は通常のワークステーションと異なるところはない。

【0018】

このシステムは、ユーザに仮想空間をCRT 23上に提示するものである。ユーザはマウス28を操作してその仮想空間を自由にウオークスルーしたり、仮想空間中の物体を操作（移動や回転あるいは拡大など）することができる。即ち、仮想空間内の物体は実写画像に基づいて光線空間データの変換されてディスク25に前もって格納されているが、ウオークスルーするにつれて視点位置が移動すると、移動した視点位置での光線空間データオブジェクト画像を第7図にて説明

したように生成する。この画像をテクスチャマップ24にて仮想空間に配置した透明な板に貼り付け、それを含む仮想空間全体をレンダリングしてCRT 2 3 上に表示する。また、テクスチャマップ24は、同時に影のテクスチャも物体の底部に配置した透明な板に貼り付ける。

【0019】

第9図は、本システムのディスク25に格納された光線空間データの記録手法を説明する。即ち、第1図～第7図において説明したように、 (x, u) 空間の一本の直線で表される光線空間データは実写画像の1ライン分の画像に相当する。

【0020】

第8図において、29は実写画像を得るためのカラーカメラである。このカメラ29は移動機構30に装着され、CPU20は後述の制御プログラムに従って移動機構30を駆動して、カメラ29の位置を移動させる。カメラの移動位置、即ち、移動した視点位置（姿勢も含む）は移動機構30を介してCPU20は知ることができる。32は照明用の光源である。この照明も移動機構31を介して任意の位置に移動される。移動位置はCPU20により検出される。

【0021】

カメラ29、特に照明31を移動可能にしたのは、複数の既知の位置の照明（実の照明）により発生する陰影を撮影するためである。本システムは、実の陰影画像に基づいて、陰影付きの光線空間データを前もって生成する。また、光源位置から見た物体の輪郭画像を影画像データベースに保持する。

【0022】

〈仮想照明による陰影の生成〉

第10図は、陰影のデータ取得の原理を説明する。同図において、100は、現実物体であり、この例では、簡単化のために、円錐100である。同図において、101、102は撮影経路であり、この経路に沿って複数の撮影位置が指定されている。第10図の例では、経路101は円錐100を上下方向で一周する経路であり、経路102は水平方向で円錐100を一周する経路である。例えば、経路101（一周360度）において10度ずつの刻みで36ポイントの視点位置の夫々において円錐100を撮像すると、円錐100の36枚分の画像が得

られ、その36枚分のカラー画像は、陰影を有した対象物体100の画像であり、この画像は前述のように光線空間データに変換されて、ディスク25に記憶される。

【0023】

第10図において、一方、200、201は照明用光源32の移動経路である。移動経路200、201は、たとえば、夫々半円上の円弧形状を有し、互いに直交する。即ち、経路200、201は夫々180度の移動範囲を有する。光源32の移動刻みの大きさを10度とすると、経路200と201の夫々について18ポイント（合わせて36ポイント）の照明位置が得られる。

【0024】

後述するように、照明位置の多さは陰影および影の形状の精度に影響する。従って、水平方向の撮影位置の経路と垂直方向の撮影経路における10度刻みの幅は全くの例示であり、刻み幅を必要に応じて増減することは全く任意である。

【0025】

本例では、36ポイントの照明位置に対してそれぞれ光線空間データが生成される。また、各々の光線空間データは36枚の画像から生成される。1つのオブジェクトをRSで表すと、オブジェクトRSは、照明位置の引数Lを有するので、RS(L)と表すことができる。第11図は、照明位置Lから照明された実物体100を移動するカメラ29によって撮影して得られた実画像 $RI_i(L)$ （iは経路201、202上の視点位置）が一端ディスク25に記憶され、更に、光線空間データオブジェクトRS(L)に変換されて記憶される様子を説明する。

【0026】

第12図は、複数の仮想照明が与えられている仮想空間において、ある視点位置における物体100の仮想画像100'を描画する際の陰影の生成の手法を説明する。第12図の例では、仮想空間において、3つの仮想照明（ L_1 、 L_2 、 L_3 ）が設定され、仮想照明（ L_1 、 L_2 ）がONされ、仮想照明（ L_3 ）がOFFされているように設定されている。すると仮想物体である円錐100'の表面の領域300と301は薄い陰影が、302には濃い陰影が形成されなくてはならない。このような陰影が形成された仮想物体100'を仮想視点位置iから見れば、第1

3 図のような仮想物体が描画される筈である。このような描画が成されるためには、第 1 4 図に示すように、視点位置 i において照明位置 L_1 にライトが設けられて生成された光線空間データオブジェクト画像 $RS_i(L_1)$ と、視点位置 i において照明位置 L_2 にライトが設けられて生成された光線空間データオブジェクト画像 $RS_i(L_2)$ とが合成されればよい。

【0 0 2 7】

第 1 5 図は、複数のカメラ視点位置 i の各々においてカメラ 2 5 を実物体に向け、複数の照明位置 L の各々から実物体を照明してその実物体の画像を取得し（ステップ S 1 2）、その画像データを、照明位置 L 毎の光線空間データ RS に変換してディスク 2 5 にセーブ（ステップ S 2 0）するものである。

【0 0 2 8】

第 1 6 図は、各照明位置における照明装置の種々の照明条件を示す。これらの条件は、実画像の光線空間データを記憶するときに、各照明の照明条件（既知である）を記録しておいたものである。本画像処理システムのアプリケーション・プログラムが仮想空間でのウォークスルーを実現するものであるならば、そのアプリケーション・プログラムは、仮想空間中に仮想物体を描画するに際して、そのアプリケーション・プログラムの仕様に依拠して或いはユーザ指示を入力して、各照明（仮想照明）を仮想的に ON/OFF するようにしている。即ち、第 1 2 図、第 1 3 図に関連して説明したように、ON している全ての照明による寄与が考慮された陰影を付された仮想物体の画像を描画するものである。

【0 0 2 9】

第 1 7 図は、そのアプリケーション・プログラムによって画像描画を行う制御手順である。

【0 0 3 0】

ステップ S 3 0 では、描画すべき視点位置 i を決定する。この指定された視点位置 i は、ステップ S 1 8 で既に記憶されている光線空間データ RS を参照するのに用いられる。ステップ S 3 2 では、当該視点位置 i に対して前もって記憶されている光線空間データオブジェクトに対して描画を終了しているかを判断する。描画が終了していない場合には、ステップ S 3 4 に進み、ユーザ（または当該ア

プリケーション・プログラム) が ON することを希望している仮想照明を見つけるために、第 1 6 図のテーブルをサーチする。ON 指定がなされている仮想照明の光線空間オブジェクト $RS_I(L_{ON})$ に対してはステップ S 3 8, ステップ S 4 0 の処理を行う。ここで、 L_{ON} は ON 指定がなされている仮想照明の番号である。ステップ S 3 8 の描画処理の詳細は第 1 8 図に示されている。

【0 0 3 1】

ON されている照明の番号を L_n で表せば、ステップ S 6 0 ~ ステップ S 6 4 はオブジェクト $RS(L_n)$ を処理する。即ち、ステップ S 6 0 では、オブジェクトの照明 L_n に対する相対位置を計算し、ステップ S 6 2 で、その相対位置に従ってオブジェクトデータを取得する。ステップ S 6 4 では、当該照明 L_n の照度を考慮して、オブジェクト $RS(L_n)$ の画像を生成する。照明を考慮しないときの RGB 値の夫々に対して、照度値が大きいほど、そして、照明までの距離が近いほど、画素値を大きく変更する。即ち、第 2 0 図に示すように、実照明の照度 (R_0) と位置 (即ち距離 D_0) を考慮し、実照明と同一の方向にある仮想照明 (照度 R_x 、距離 D_x) に対して、実画像の画素値を P とすると、仮想画像の画素値 P_x は、 f を所定の関数とすると、

【0 0 3 2】

[数 3]

$$P_x = f(P, D_x, D_0, R_x, R_0)$$

【0 0 3 3】

となる。

かくして、オブジェクトの描画が終了する。

【0 0 3 4】

第 1 7 図のステップ S 4 0 に戻って、次に ON されている照明を参照し、ステップ S 3 6 に戻り、更に、ステップ S 3 8 → ステップ S 3 8 の処理を繰り返す。

【0 0 3 5】

照明 ON と設定されている全ての仮想照明についてステップ S 3 8 の処理が終了すると、ステップ S 4 2 に進み、ここで、各仮想照明について演算されたその画素の画素値の和を演算する。ここで、画素値の和は、各生成画像の、対応する

画素位置の画素値を単に加算するだけでよい。ステップ S 4 4 で、ステップ S 4 2 で計算された画素値の和が表示装置 (C R T 2 3) の色域 (gamut) をオーバーしているか否かを判断する。オーバフローしていると判断された場合には、ステップ S 4 6 でリスタート処理を行う。リスタート処理とは、オーバフローが起こらない程度に仮想照明の照度を下げて、再度レンダリングをやり直すものであり、その詳細は第 1 9 図に示される。

【 0 0 3 6 】

まず、ステップ S 6 6 で、全オブジェクトをオーバフローとマークする。ステップ S 6 8 では、全ての仮想照明の照度 (第 1 6 図のテーブル参照) の設定を下げる。ステップ S 7 0 では仮想環境を再度レンダリングする。

【 0 0 3 7 】

一方、ステップ S 4 4 でオーバフローがないと判断されれば、ステップ S 5 0 で次のオブジェクトを参照し、ステップ S 3 2 → ステップ S 3 4 に戻る。ステップ S 3 2 で Y E S の判断が出力されたときは、一画面分の全ての画素についての光線空間データが処理されたことになり、その結果として、たとえば、第 1 3 図のように、2 つの仮想照明が O N されている状況 (第 1 2 図) での仮想画像が生成されたことになる。

【 0 0 3 8 】

〈陰影付与の効果〉

〈仮想照明による影の付与〉

本実施形態の画像処理装置は、仮想照明による陰影の付与の他に、仮想照明による影の付与機能も有する。影の形状は、物体の幾何形状と影が投影される面 (以下、「貼付面」と呼ぶ) の形状によって支配される。しかしながら、光線空間データ等の IBR 画像は、物体についての幾何形状を有さないもので、影についての処理が従来では困難であったのは前述したとおりである。本実施形態の画像処理装置では、影の画像についても、陰影のときと同じように、前もって生成しておく。また、貼付面は、CG の分野では周知の所謂「境界箱」 (bounding box) を利用して生成する。

【 0 0 3 9 】

第21図、第22図は、現実物体の例である円錐100の影データを生成する手法の原理を説明する。

【0040】

即ち、第21図において、照明32が同図の位置から現実の円錐100を照明する場合において、この照明32の位置（姿勢も含む）に略一致させた位置にカメラ29を配置して、照明32によって照明された対象物体100の像を撮影する。この画像120は、たとえば、第22図のような形状を有し、その輪郭121は、対象物体100が照明32によって照射されたときに発生する影に概ね近い形状を有する筈である。換言すれば、陰影を生成するときは、陰影が付与されている物体の実写画像を光線空間データの形式で前もって記録するために、カメラによる撮影を行ったが、影の生成では、影の画像を得るために対象物体の撮影を行う。

【0041】

輪郭形状121は、影画像の基になるもので、以下、単に「輪郭形状」と呼ぶ。仮想照明による影（仮想の影である）は、輪郭形状を、仮想照明の視点位置を座標軸とする座標変換、即ち、アフィン変換を施すことによって得ることができる。たとえば、仮想照明の仰角が低い場合には第23図のような長細い影が生成されるはずであり、仰角が高い場合には第24図のような詰まった長さの影が生成されるはずである。

【0042】

影の形状は、上記輪郭形状の他に、貼付面の形状の影響を受ける。貼付面が決定されていれば、影の形状は、輪郭形状を、その貼付面へ射影したときの形状となる。この射影形状はアフィン変換で表現される。

【0043】

次に、貼付面の生成原理について説明する。

【0044】

現実世界における影は物体の形状に即した形状を有する。即ち、影は物体の形状に即した範囲内で生まれる。本実施形態の特徴は、貼付面の形状（即ち範囲）を、対象物体（仮想物体）の境界箱の貼付面の範囲に限定するものである。

【0045】

例えば、第25図に示すように、実際には複雑な幾何形状を有する2つの動物おもちゃ301の仮想画像が存在する場合には、この仮想画像の空間的広がりを含めて包含する境界箱(bounding box)を求める。この箱は通常は直方体形状に設定され、第25図の例では箱300となる。この箱の投影形状302は第25図に示すように矩形となる。この投影形状302が貼付面となる。

【0046】

第26図は、輪郭形状を得るための制御手順である。

【0047】

ステップS100で、カメラ29と照明装置32とを任意の位置Lに設置する。ステップS102では、この位置Lで、照明32で実物体を照明し、その画像を取得する。ステップS104ではその画像から輪郭を取得する。ステップS106では、その輪郭内の画素値を黒とする。また、透明度(transparency)を所定値(完全透明ではないが、仮想物体の表面が透けて見える程度の透明度)に設定する。

【0048】

ステップS108の処理は選択的である。即ち、画像撮像面(カメラの位置・姿勢)が影の投影面(照明の位置・姿勢)と平行でないのであれば、影画像の再投影処理が必要となる。しかし、第21図の例では平行ではないが、それらの面のなす角度が小さいため、誤差は少ないと予想され、そのような再投影処理を行わなくても見た目には大差がない。尚、実物体からではなく、仮想物体から輪郭を得る場合には、透視体積(perspective viewing volume)を、描画面が影画像の面と一致するように設定することができる。

【0049】

ステップS108のぼかし処理は、実際の影が、その輪郭部分においてぼけていることを考慮したものである。即ち、ぼかし処理を加えることにより、影の画像をより自然となるようにすることができる。更に、物体からより離間した位置に投影される影に対するぼかし量を増やすことにより、更に自然感を向上させることができる。このぼかし処理を、仮想物体の画像から生成した輪郭画像に対し

て行う場合には、視野に対する奥行き(depth-of-field)効果で描画するときに使われる不定透視体積(jittered viewing volume)を用いて実現できる。

【0050】

ステップS110ではこうして得られた影の画像データをセーブし、ステップS112では、次の撮影位置(照明位置)L+1に移動し、ステップS100に戻る。

【0051】

尚、ステップS110でのデータのセーブは、その影の画像データが、照明と物体との相対位置の値によってインデックスされるようにしてセーブされる。

【0052】

かくして、複数の照明位置から物体を照明したときの輪郭を前もって、影画像として準備しておくことができる。

【0053】

第27図は影の描画の詳細な手順を説明する。

【0054】

即ち、ステップS120では、影を生成すべき仮想物体の光線空間データをメモリから取り出す。

【0055】

ステップS122では、影を生成する可能性のある仮想照明を全て検出する。ステップS126乃至ステップS134は、これら仮想照明のうちの照明がONと設定されている照明による影画像の描画処理である。即ち、ステップS126では、ONと設定されてる1つの照明Lを見つける。ステップS128では、貼付面の形状を計算する。貼付面の形状は、前述したように、仮想物体の境界箱の幾何形状と光源の相対位置とが与えられるならば計算することができる。影貼付面の幾何形状は、その境界箱内の任意の要素がその貼付面上に投影される影を有するものとなるように設定することが可能である。

【0056】

尚、貼付面を決定するための境界箱は、場合によっては、極めて単純化することができる。例えば、天井からの反射光や外光が光源となる場合には、例えば第

28図のように、境界箱内に内接する楕円305のような極めて単純な貼付面とすることができる。

【0057】

ステップS130では、照明Lに対する物体の相対位置に対応させて影画像を描画する。ステップS110で述べたように、影の画像は、照明Lに対する実物体（仮想物体）の相対位置の値によってインデックスされていた。したがって、この相対位置を用いて影データから対応する画像をメモリから取り出すことができる。ステップS120で読み出した仮想物体のRSデータは、この相対位置を計算するのに用いられる。この場合にはアフィン変換を用いる。もし必要ならば、再投影と影画像のぼかしが実行される。ステップS132では生成された影画像を貼付面に張り付ける。この貼付はテクスチャマッピング（第8図の24）を用いて行う。

【0058】

ステップS134では、他の照明を考慮するために、ステップS124に戻る。即ち、他のONしている照明がある場合には、換言すれば複数の照明による影が存在し得る場合には、上述の手法によって生成された影の画像は、周知のGC描画法（画像の半透明性を考慮する）によって合成される。

【0059】

〈影生成の効果〉

以上説明した実施形態の影生成は、光線空間理論などのIBRデータ（幾何形状情報を有さない）によって表現される仮想物体に対しても、所望の位置の照明からの影を適切に生成することができる。

【0060】

本発明は更に種々変形が可能である。

【0061】

上記実施形態では、光線空間データは計算によって求めていたが、前もってテーブル化したRAMやROMを用いても良い。

【0062】

表示装置はCRTに限られない。レンティキュラタイプやHMDタイプの表示

装置に適用できる。

【0063】

【その他の実施例】

前記実施例では、想定しうる照明の位置のすべてから撮影した画像をあらかじめ保持する方法を示した。これは、利用している光線空間データオブジェクトが水平視差のみをもち、垂直視差を省略しているためである。もし、垂直視差も考慮した光線空間データオブジェクトが生成できるならば、その光線空間データオブジェクトを利用して照明の位置から見た物体の画像を生成し、輪郭を抽出することも可能である。光線空間理論では水平視差のみならず垂直視差も持たせることは可能であり、水平視差に関連した前述の光線空間データの処理を垂直方向に拡張することにより実現できる。したがって、あらかじめ影データを撮影しなくても、光線空間データオブジェクトを利用して照明位置からみた輪郭画像をリアルタイムに生成し、その画像を再投影することにより、影を表現できる。

【0064】

また、複数照明の場合は、同様にそれぞれの照明位置での輪郭画像を生成し、前記実施例で示したような手法により影を合成することで対処可能である。

【0065】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、実写画像をもとにした空間データから構成した仮想物体に、その影を適切に貼り付けることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 光線空間データを生成する原理を説明する図。

【図2】 実空間でのデータを説明する図。

【図3】 図2の空間が光線空間データによって表されたときの図。

【図4】 カメラが複数ある時の実空間データを生成する原理を説明する図。

【図5】 カメラが複数ある時の光線空間データを生成する原理を説明する図。

。

【図6】 カメラが複数ある時の光線空間データから、任意の視点位置における光線空間データ($x+Zu=X$)を生成する原理を説明する図。

【図 7】 図 6 の任意視点からの実空間を再構成する原理を説明する図。

【図 8】 実施形態の画像処理装置の構成を説明する図。

【図 9】 実施形態における光線空間データの記憶を説明する図。

【図 10】 対象物体の陰影つき実写画像を、異なる複数のカメラ視点の夫々において、異なる複数の照明位置から照明した場合に得る手法を説明する図。

【図 11】 対象物体の陰影つき実写画像の光線空間データを生成する過程を説明する図。

【図 12】 L_1 , L_2 に置かれた仮想照明によって照明された仮想物体の仮想視点位置 i から見たときの陰影の発生の状況を説明する図。

【図 13】 図 12 の仮想物体において付与される陰影の状況を説明する図。

【図 14】 ディスクに記憶されたデータの中から、視点位置 i 、照明位置 L_1 , L_2 に対応する光線空間データ RS を引き出す手法を説明する図。

【図 15】 対象物体の陰影付き実写画像を取得し光線空間データに変換するまでの制御手順を示すフローチャート。

【図 16】 図 15 の光線空間データを取得の際に設定された各照明条件を記憶する表の図。

【図 17】 任意の仮想照明が設けられたときの仮想物体の陰影付き画像を生成する制御手順のフローチャート図。

【図 18】 図 17 の描画ルーチンを説明するフローチャート図。

【図 19】 図 17 のリスタートルーチンを説明するフローチャート図。

【図 20】 対象物体に対する照明の位置に応じて画素値を制御する原理を説明する図。

【図 21】 任意の対象物体の影画像の元となる輪郭線を生成する原理を説明する図。

【図 22】 図 21 の原理により抽出された輪郭線の例を示す図。

【図 23】 仮想照明の位置の変化（低くなる）に応じて、図 22 で得られた輪郭線が変化する様子を説明する図。

【図 24】 仮想照明の位置の変化（高くなる）に応じて、図 22 で得られた輪郭線が変化する様子を説明する図。

【図 25】 実施形態における貼付面の生成原理を説明する図。

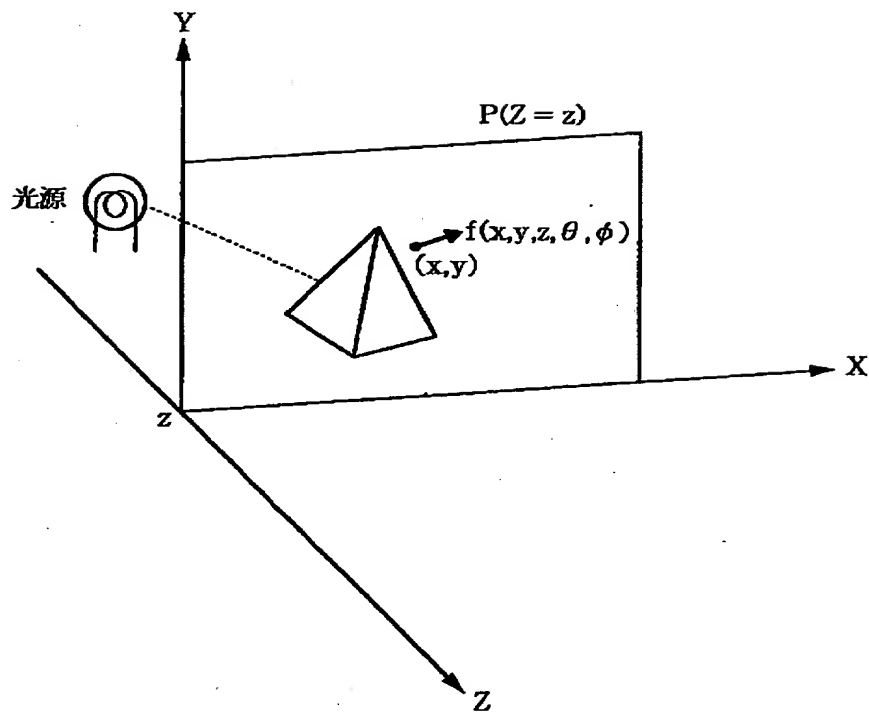
【図 26】 影画像を前もって生成する制御手順のフローチャート。

【図 27】 前もって生成された影画像を仮想物体に張り付ける制御手順のフローチャート。

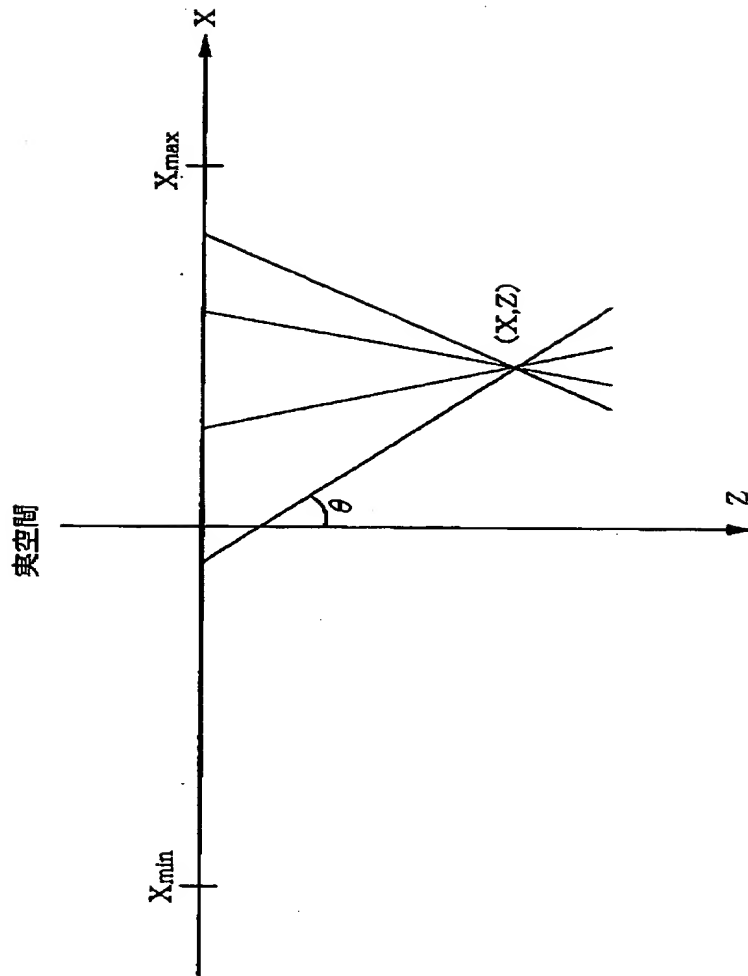
【図 28】 貼付面を簡易に生成する原理を説明する図。

【書類名】 図面

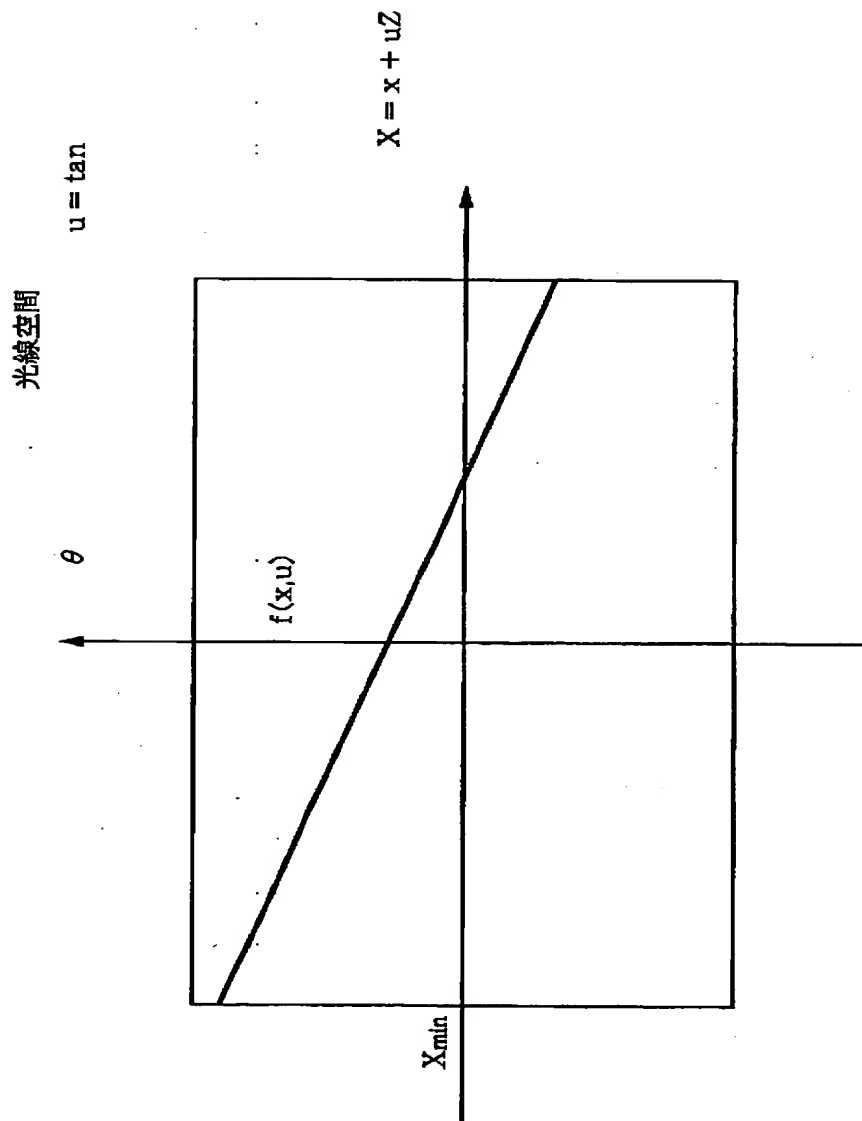
【図 1】



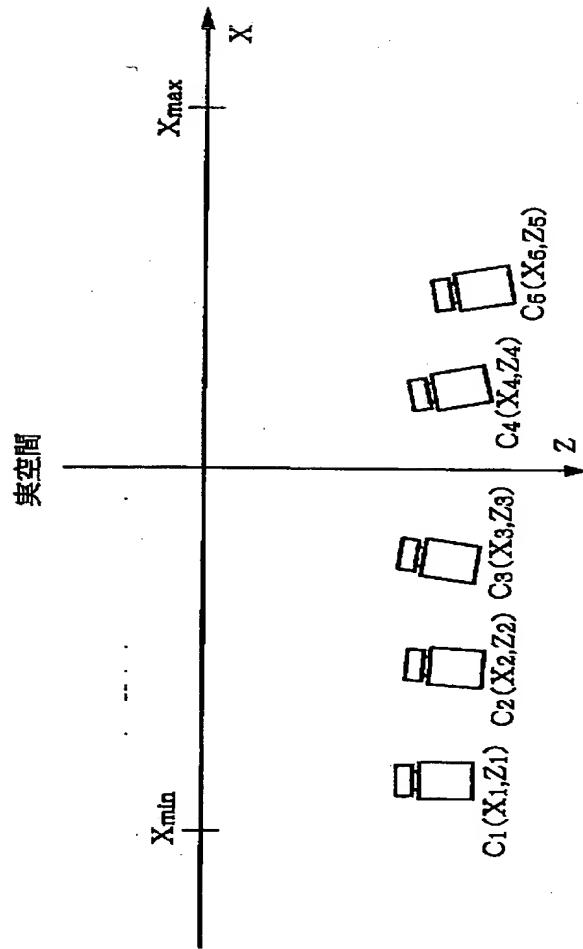
【図 2】



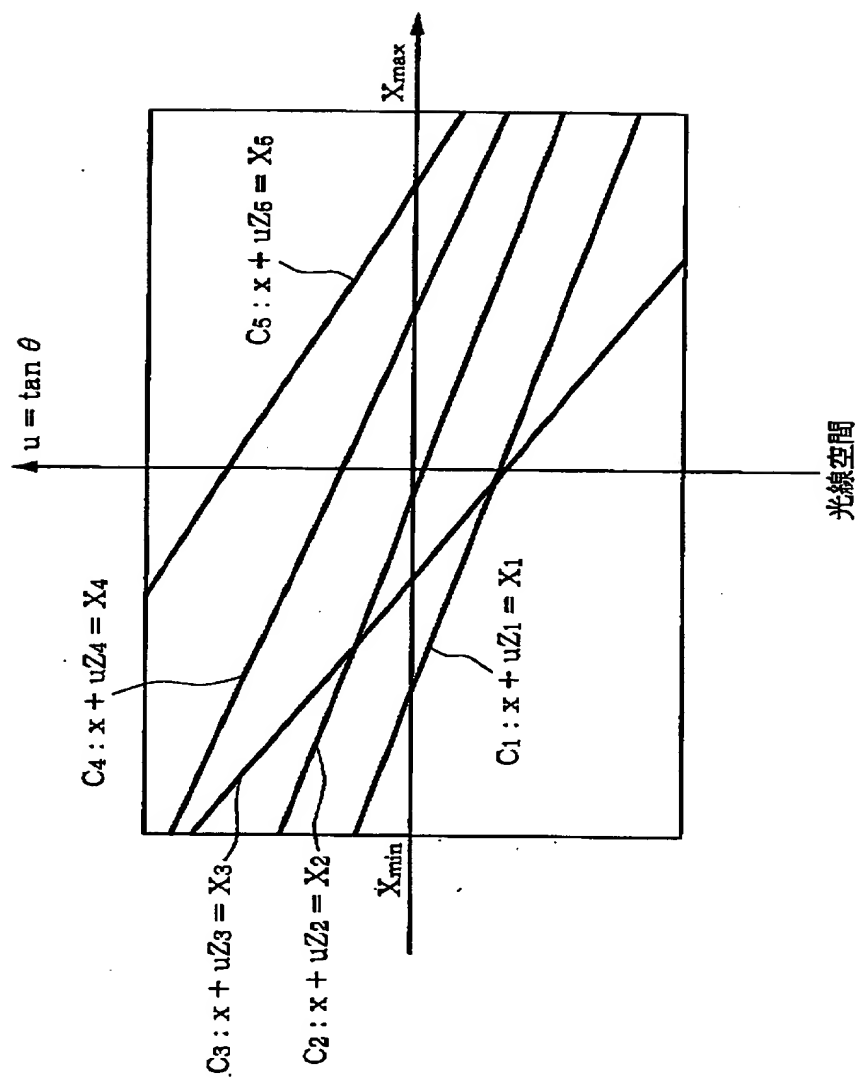
【図 3】



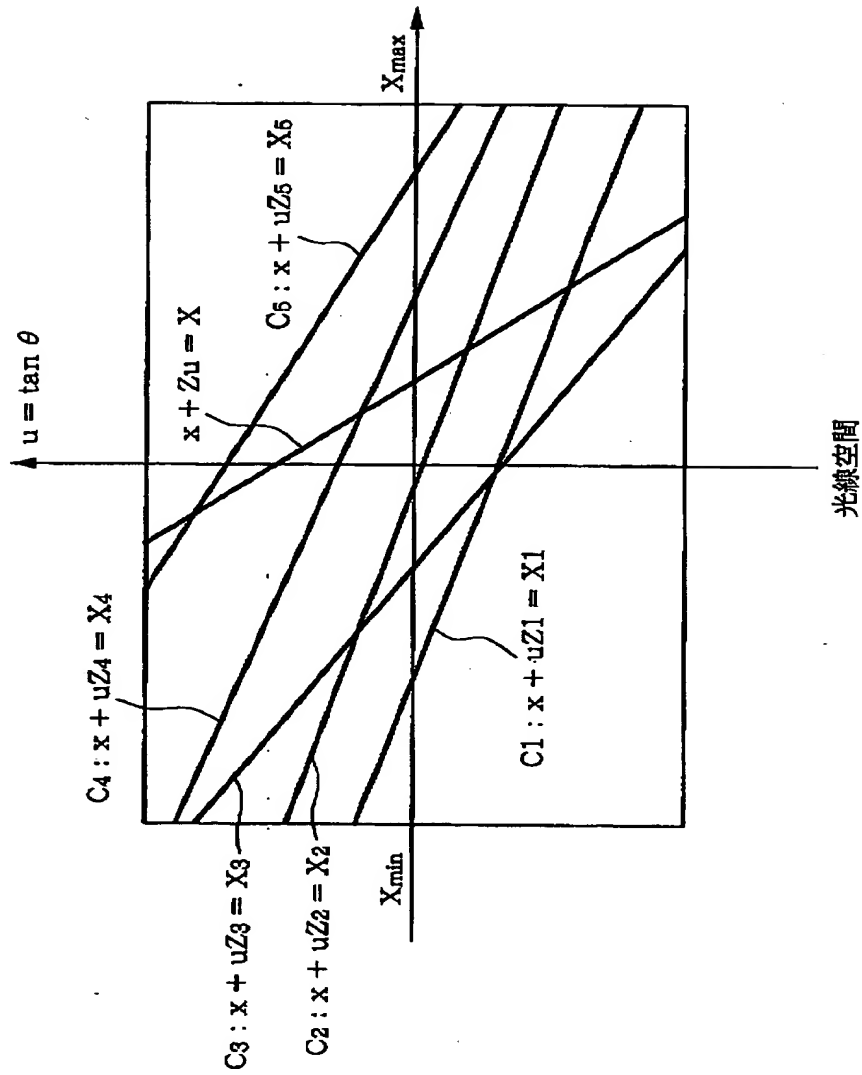
【図 4】



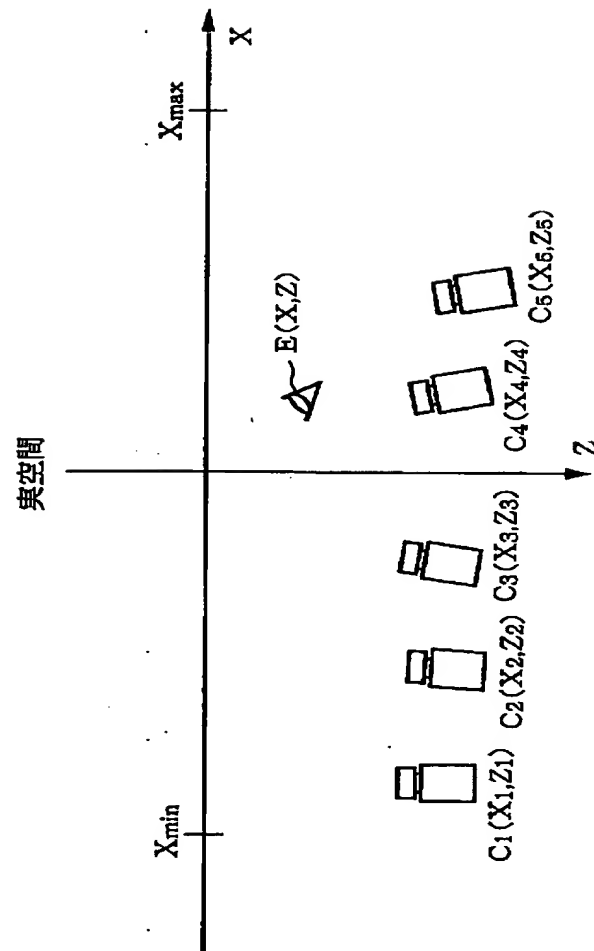
【図 5】



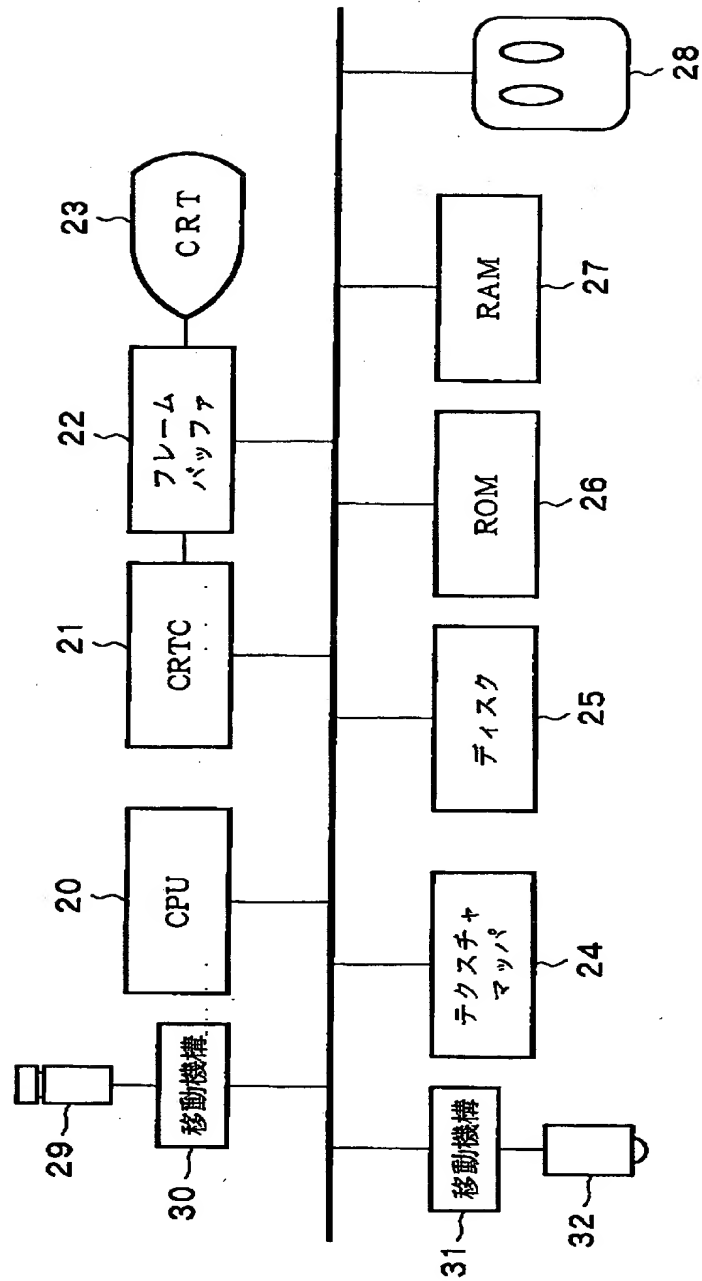
【図 6】



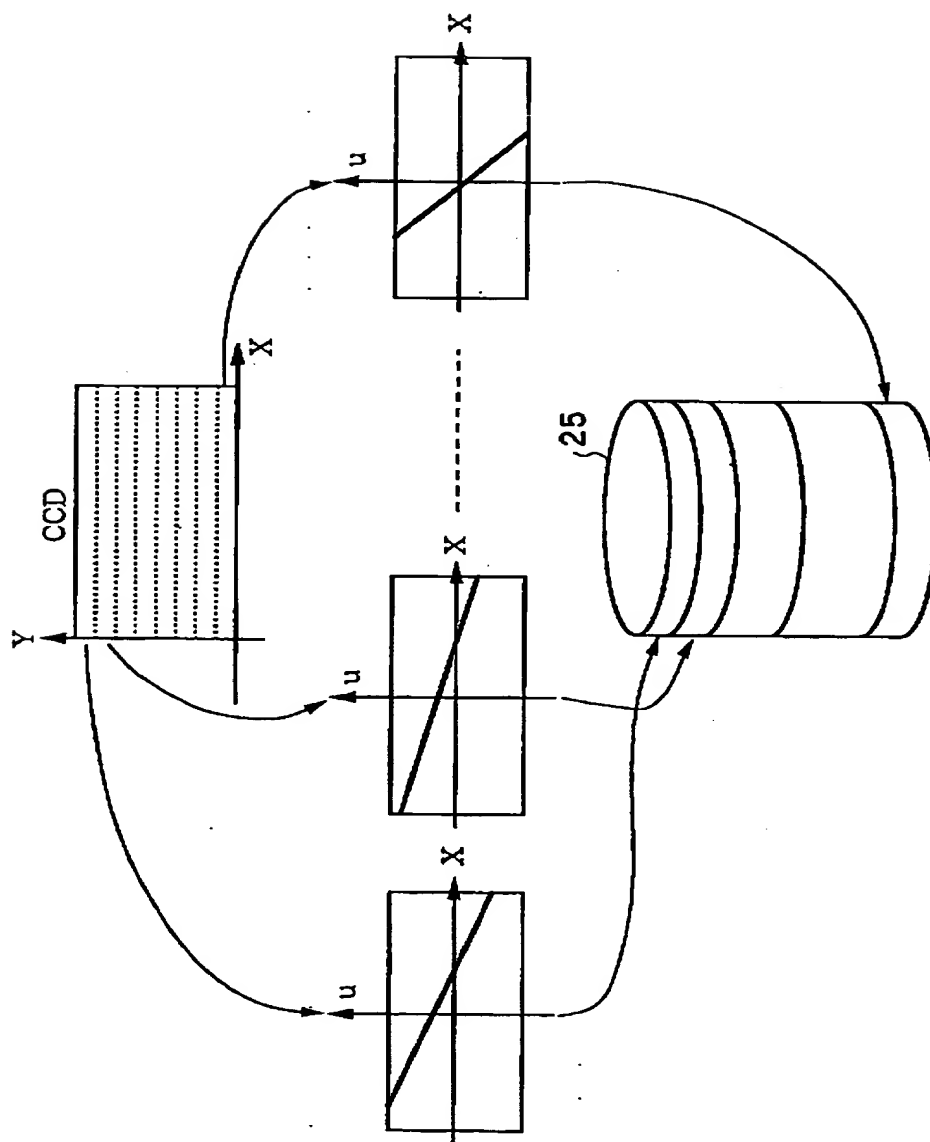
【図 7】



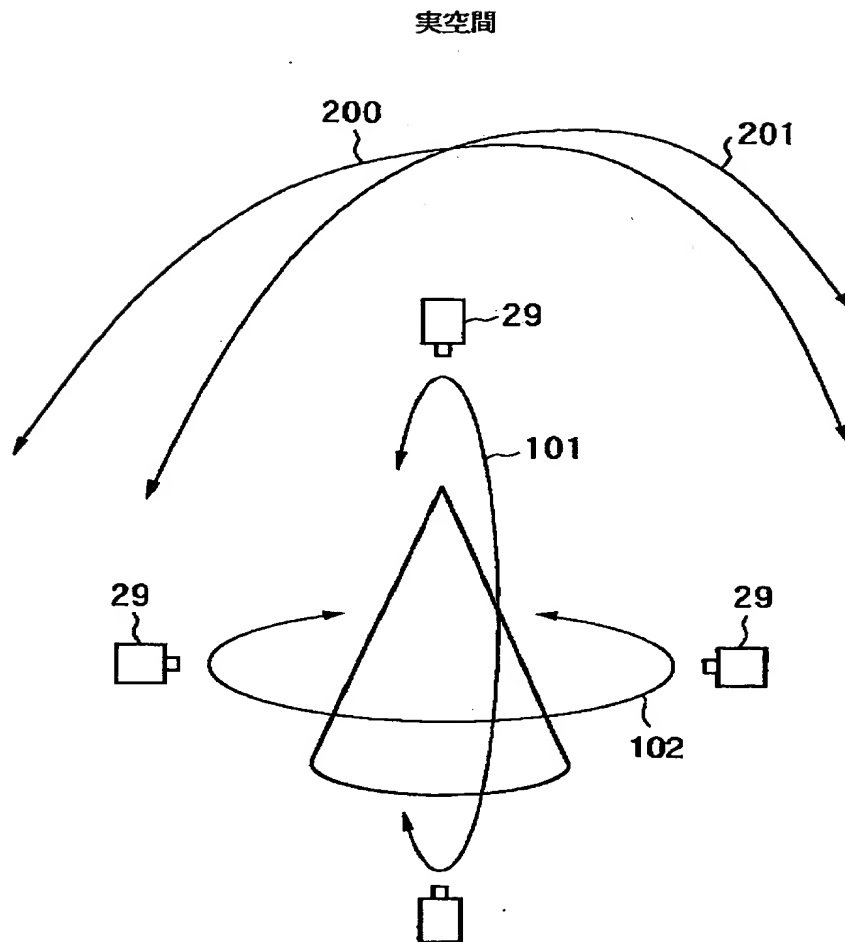
【図 8】



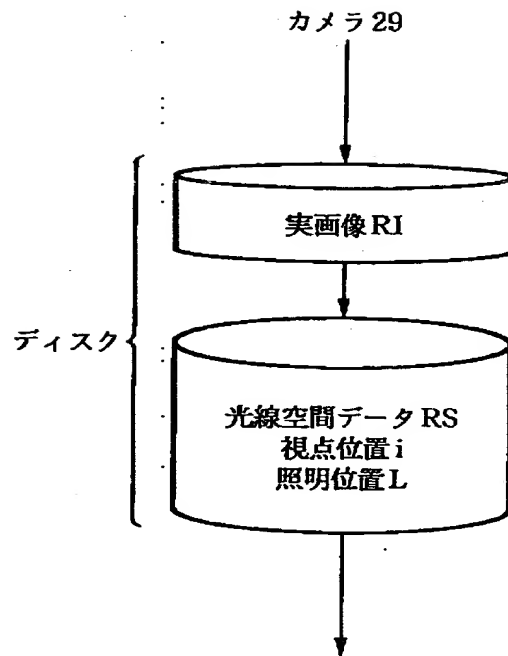
【図 9】



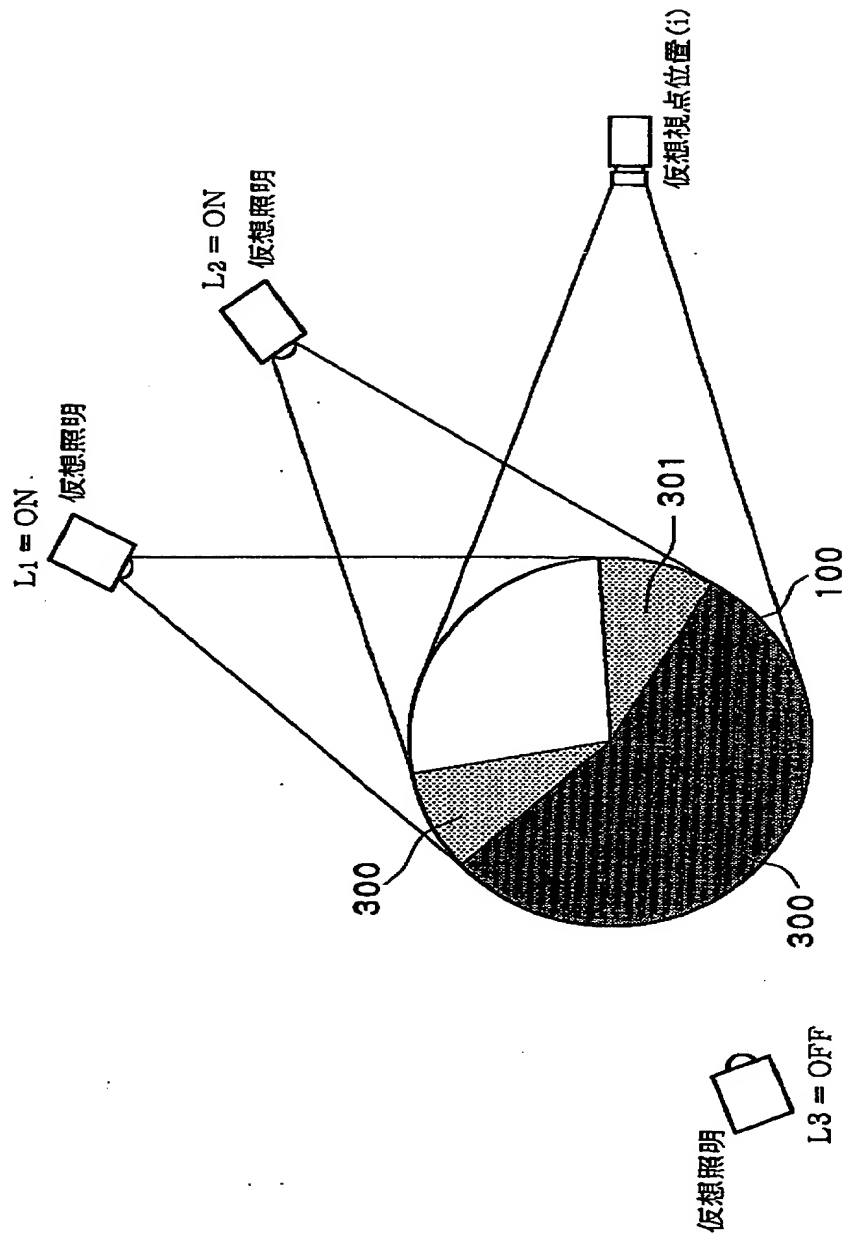
【図 1 0】



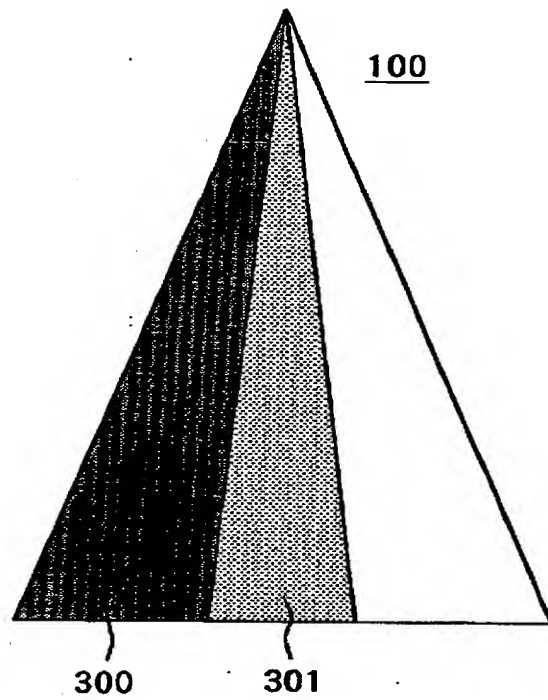
【図 1 1】



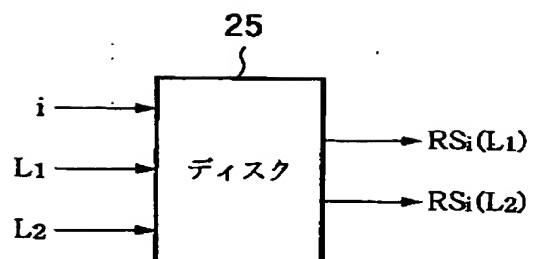
【图 1 2】



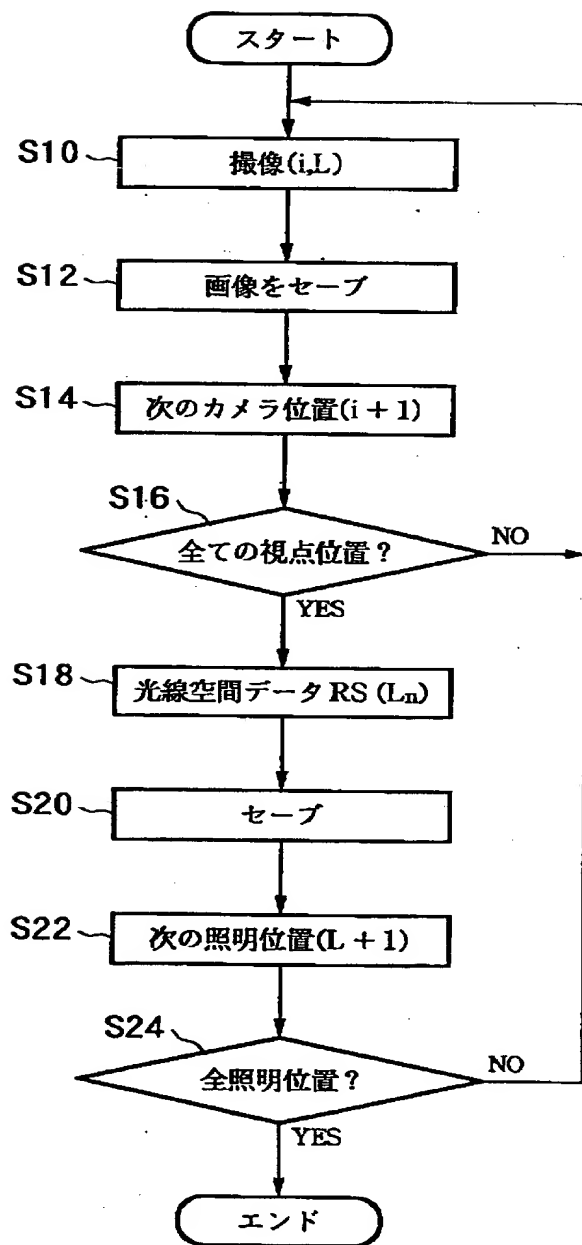
【図 1 3】



【図 1 4】



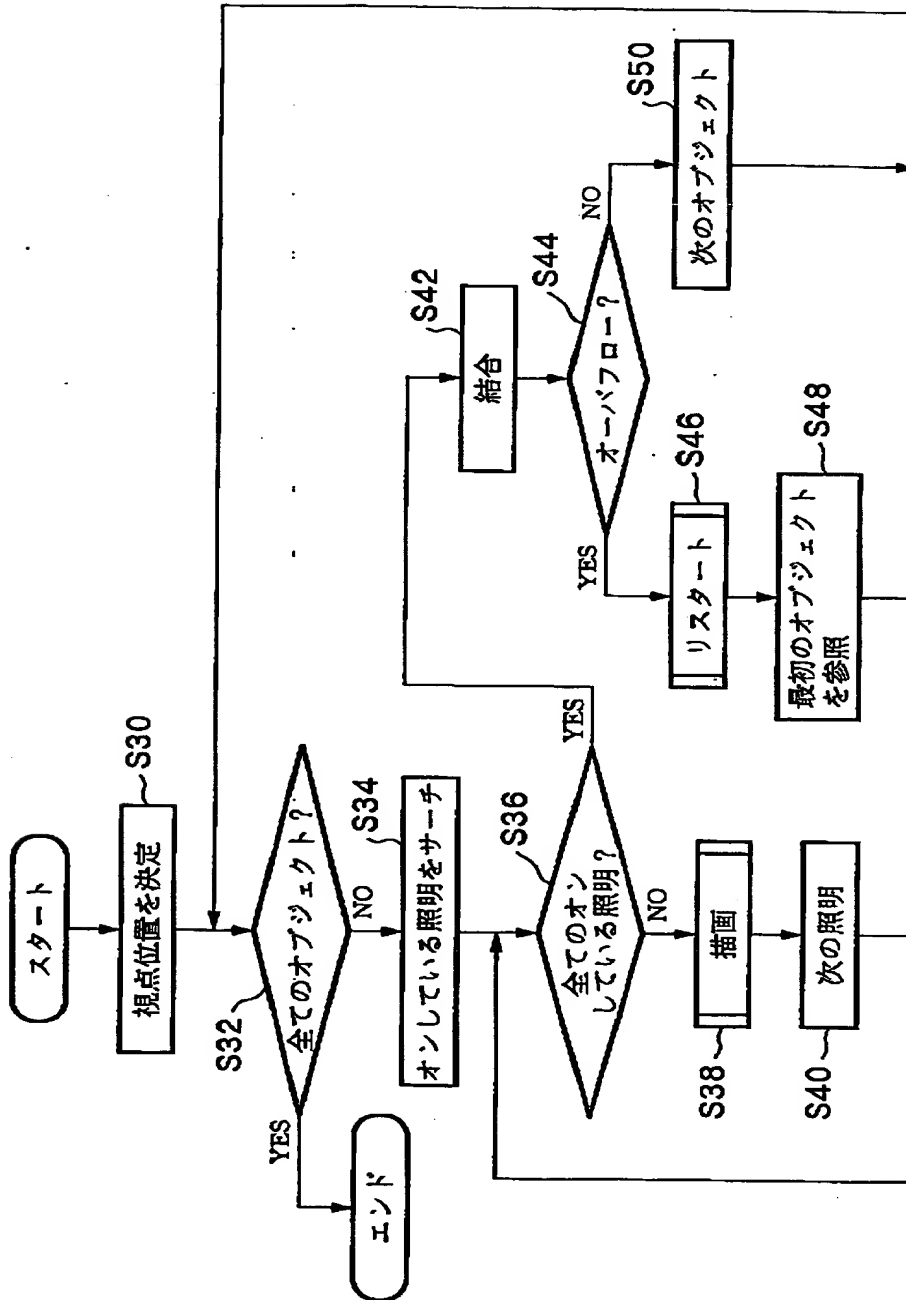
【図 1 5】



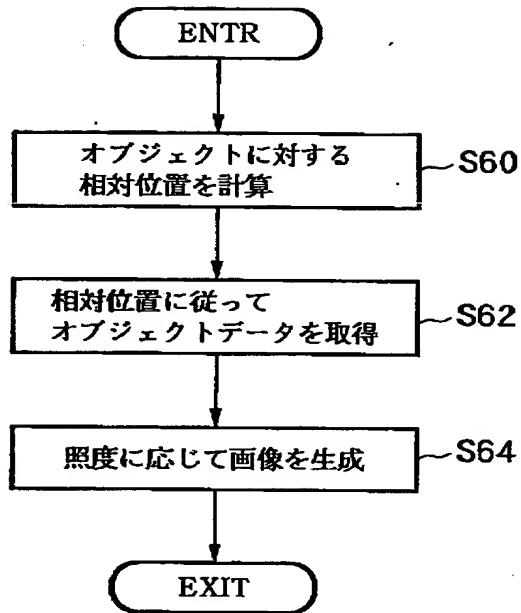
【図 1 6】

照明ID	ON/OFF	位置	照度	色
L1				
L2				
L3				
⋮				
⋮				

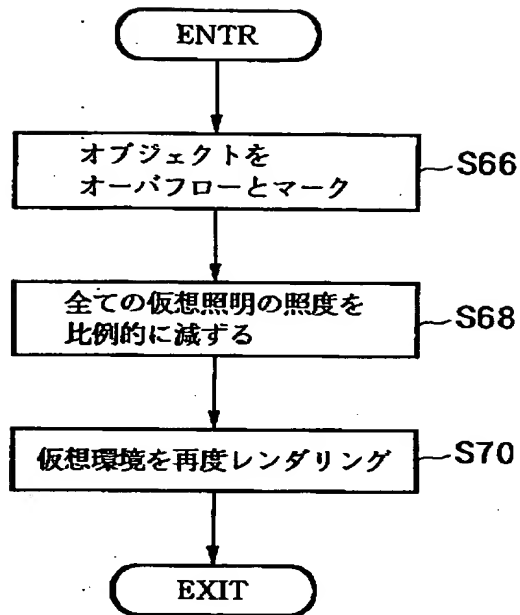
【図 17】



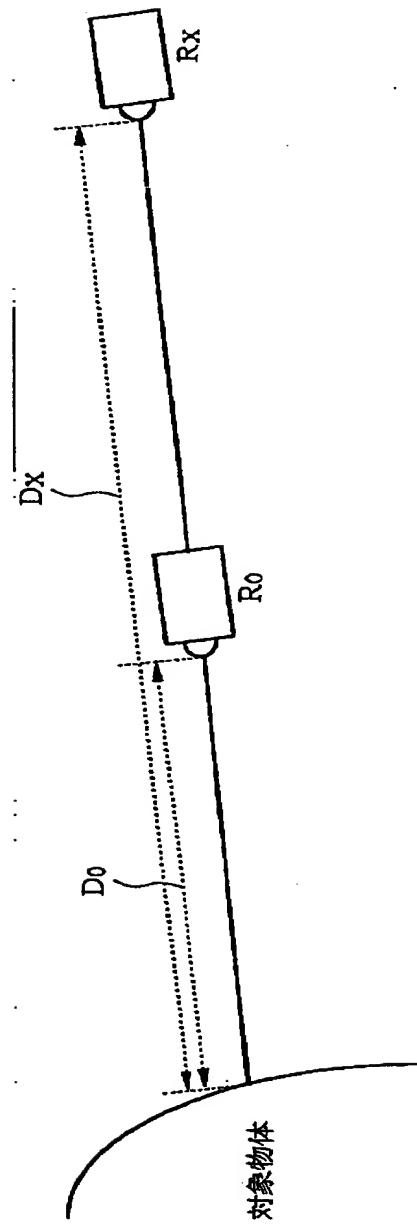
【図 18】



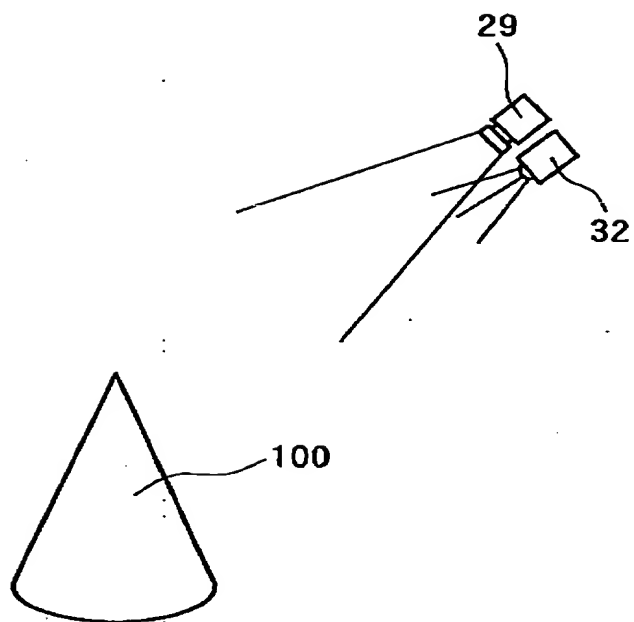
【図 19】



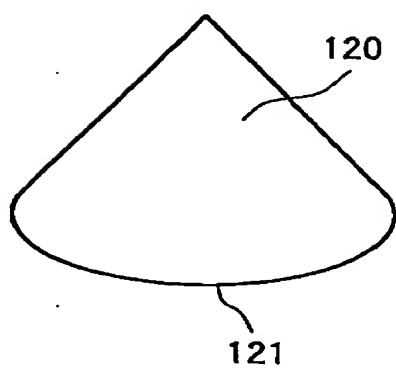
【図 2 0】



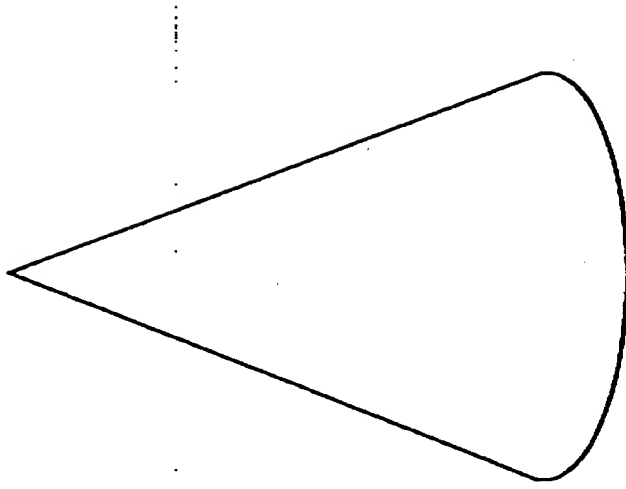
【図 2 1】



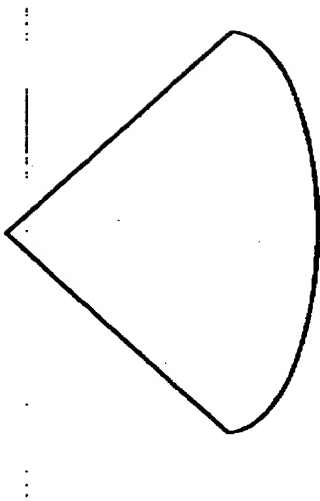
【図 2 2】



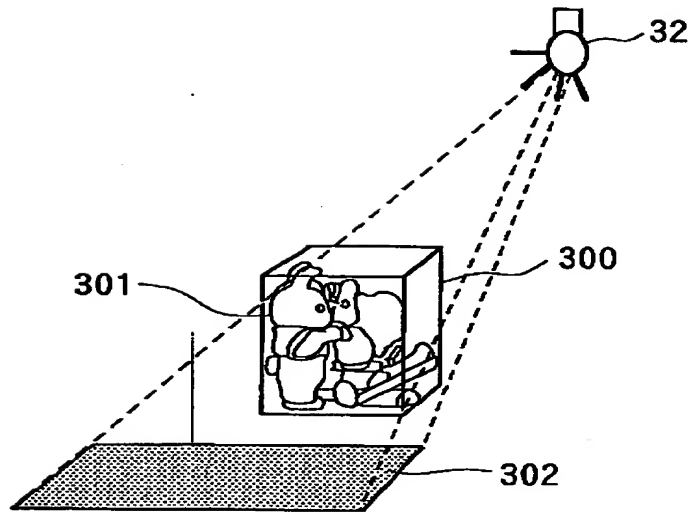
【図 2 3】



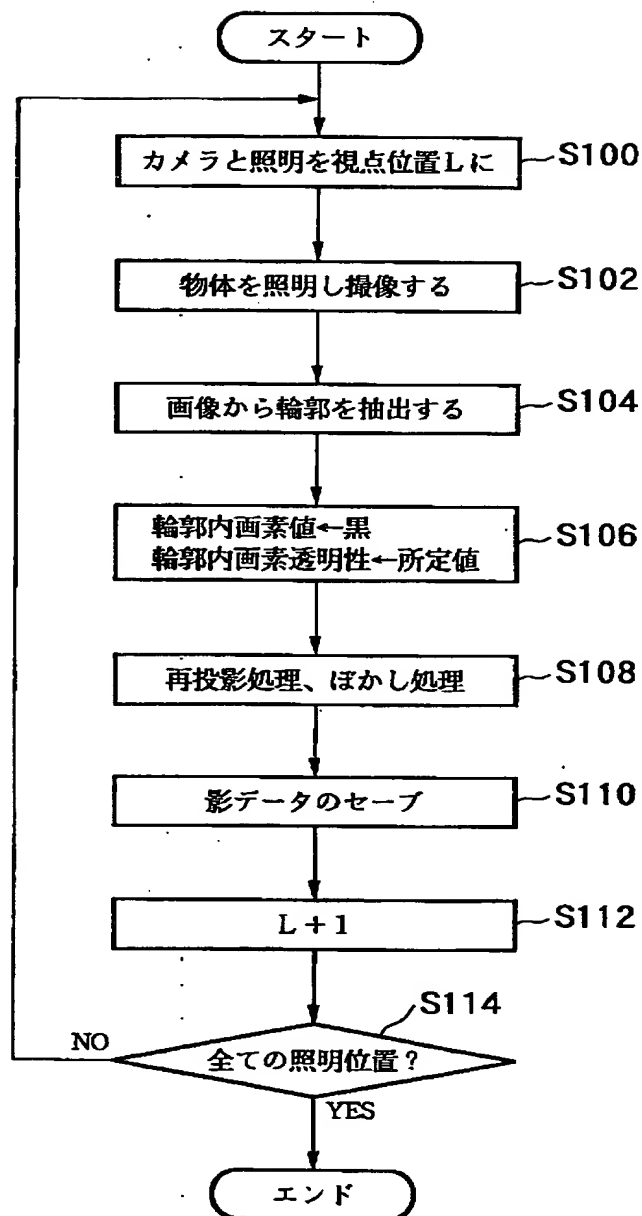
【図 2 4】



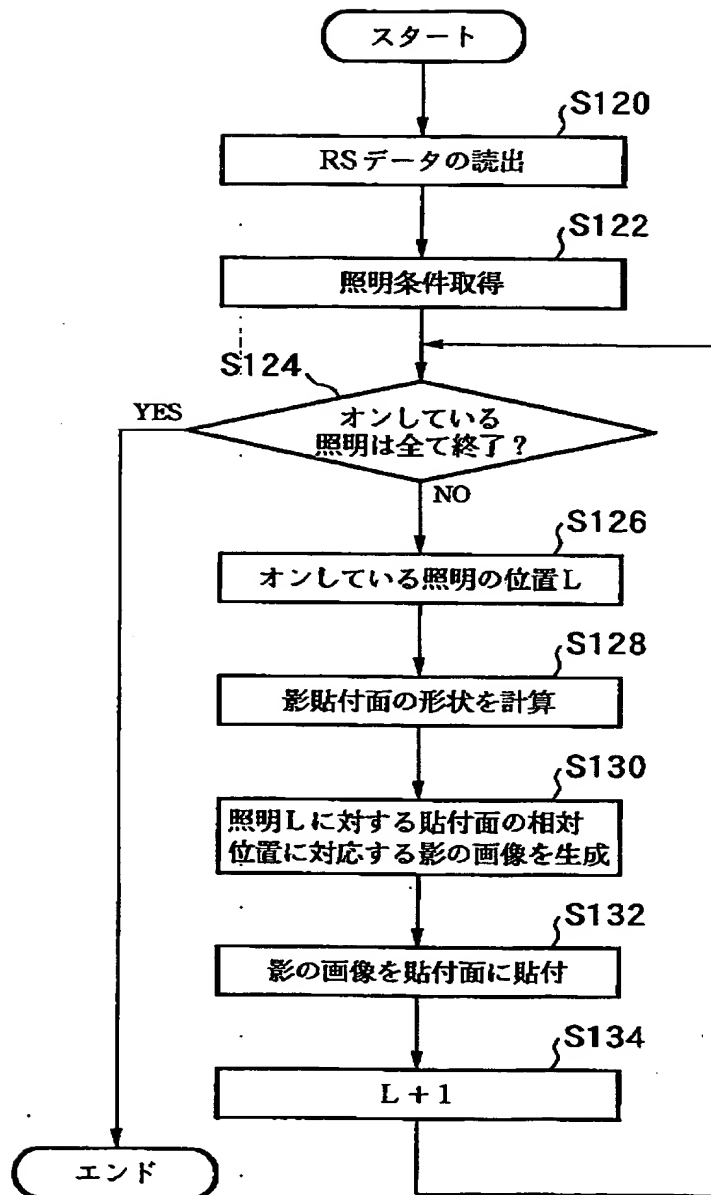
【图 2 5】



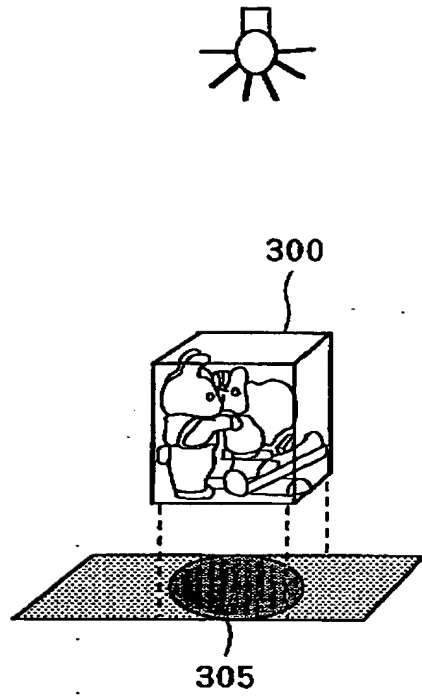
【図 2 6】



【図 27】



【図 2 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光線空間データから仮想物体の画像に影を付与する。

【解決手段】 所定のメモリに、仮想物体の光線空間データと、前記仮想物体に対応する現実物体の影画像と、この影画像を形成したときの照明光源の位置とを記憶し、仮想照明のための光源の照明位置に対する、空間データに基づいて導き出された前記仮想物体の相対的位置に従って、前記影画像をメモリから取り出し、取り出した影画像を所定の貼付面の貼り付ける。

【選択図】 図 2 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [397024225]

1. 変更年月日 1997年 5月 7日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市西区花咲町6丁目145番地

氏 名 株式会社エム・アール・システム研究所